

10. Übungsblatt

Aufgabe 10: Weihnachtsbaumbeleuchtung durch Zitteraal

In dem gezeigten Video sehen Sie einen Zitteraal, der in einem japanischen Aquarium gehalten wird und die Beleuchtung eines Weihnachtsbaums durch elektrische Entladungen betreibt. Welche Stromstärke kann der Aal erzeugen und warum tötet sich das Tier mit den Stromschlägen nicht selbst? Dies soll mithilfe folgender Teilaufgaben geklärt werden.

Die Zellarten, die der Zitteraal für seine Stromstöße benötigt, nennt man physiologische Spannungsquellen. Die Stromerzeugung ist dabei weitestgehend geklärt: Jeder Zitteraal (*Electrophorus electricus*) verfügt über etwa 140 Reihen à 5000 spannungserzeugenden Zellen. Jede Zelle kann bei einem ausgewachsenem Zitteraal eine Spannung von 0,15 Volt mit einem Innenwiderstand r von $0,25 \Omega$ erzeugen. Das den Neuwelt-Messerschiff umgebende Wasser schließt den Stromkreis zwischen den beiden Enden der Zellenreihen, zwischen dem Kopf und dem Schwanz des Tieres.

Das elektrische Modell eines im Wasser schwimmenden Zitteraals ist in Abbildung 1 skizziert.

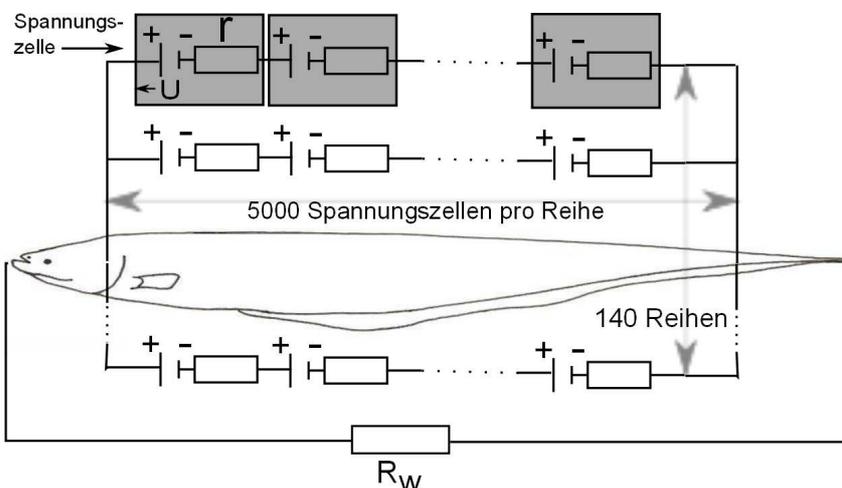


Abbildung 1: Elektrisches Modell eines im Wasser schwimmenden Zitteraals. Jeder der Spannungsquellen kann man eine Spannung U sowie einen Innenwiderstand r zuordnen. Der Widerstand des umgebenden Wassers zwischen Kopf und Schwanzspitze sei R_w .

- a) Berechnen Sie die Gesamtspannung über eine Spannungsreihe von 5000 Zellen.

- b) Wie groß ist der gesamte Innenwiderstand R_{Reihe} einer Reihe?
- c) Skizzieren Sie mit a) und b) ein neues Ersatzschaltbild (Modifikation von Abbildung 1) für den Zitteraal.
- d) Berechnen Sie den äquivalenten Widerstand für die 140 parallel geschalteten Spannungsreihen des Tieres.
- e) Wie groß ist der Gesamtstrom, den der Zitteraal erzeugt? Nehmen Sie an, dass der Widerstand R_w des Wassers 800Ω beträgt. Berechnen Sie damit auch die elektrische Leistung, die der Aal erzeugen kann! Ist sie ausreichend für den Betrieb einer Lichterkette?
- f) Wie groß ist der Strom I_{Reihe} durch jede Zellenreihe? Begründen Sie, warum der Aal durch seine eigenen Stromstöße nicht sterben kann!

TIPP: Eine Skizze des Ersatzschaltbildes kann in jeder Teilaufgabe hilfreich sein! Überlegen Sie immer, ob Reihen- oder Parallelschaltungen vorliegen. Die Aufgabenteile a) bis d) dienen der Vereinfachung bzw. Hinarbeitung auf Teilaufgaben e) und f).